

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-42233

(P2001-42233A)

(43) 公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51) Int.Cl.

G 0 2 B 26/08

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08

テーマコード(参考)

E 2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平11-212336

(22) 出願日

平成11年7月27日 (1999.7.27)

(71) 出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号

(72) 発明者 加藤 嘉睦

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本  
航空電子工業株式会社内

(72) 発明者 森 憲一

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本  
航空電子工業株式会社内

(74) 代理人 100066153

弁理士 草野 卓 (外1名)

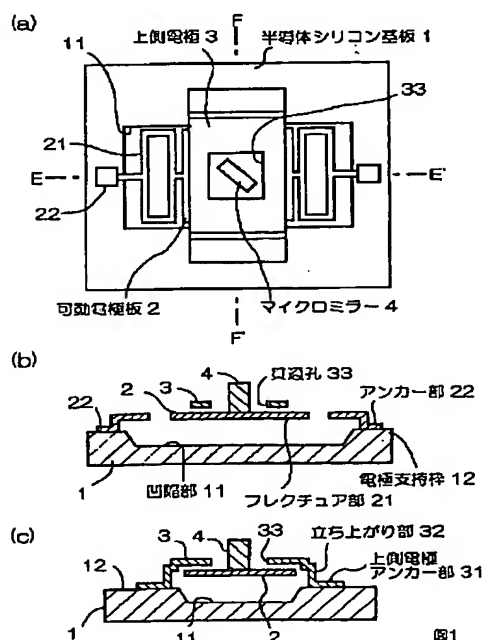
Fターム(参考) 2H041 AA04 AB14 AC04 AZ02

(54) 【発明の名称】 光スイッチ

## (57) 【要約】

【課題】 反射或は通過せしめることにより光をオン、オフするミラーを載置取り付けた極めて柔軟な構造の可動板を吸着して外部振動の影響を蒙らない光スイッチを提供する。

【解決手段】 下側電極を構成する半導体シリコン基板1、フレクチュア部およびアンカー部22を介して半導体シリコン基板1に取り付け結合される可動電極板2、可動電極板2の上面に直立形成されるマイクロミラー4、可動電極板2の上側に位置して半導体シリコン基板1に取り付け結合される上側電極3、可動電極板2を基準として上側電極3および半導体シリコン基板1に極性転換スイッチを介して接続される駆動電源5より成る光スイッチ。



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-042233

(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl. G02B 26/08

(21)Application number : 11-212336

(71)Applicant : JAPAN AVIATION ELECTRONICS  
INDUSTRY LTD

(22)Date of filing : 27.07.1999

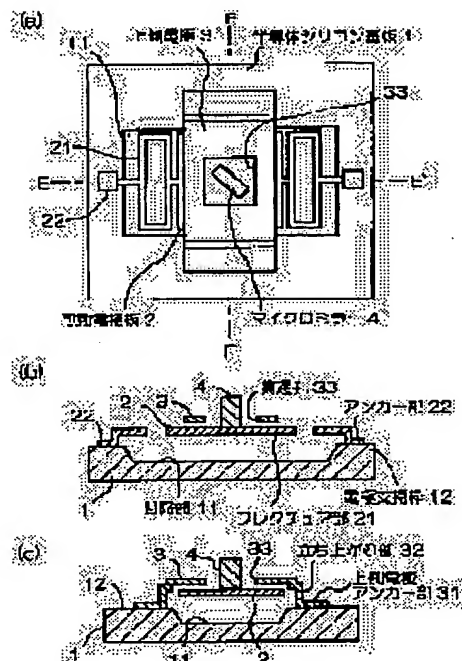
(72)Inventor : KATO YOSHICHIKA  
MORI KEIICHI

## (54) OPTICAL SWITCH

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical switch which is not influenced by external vibration by attracting a movable plate where a mirror to on/off control light by reflecting or making it pass is placed and attached and which has extremely flexible structure.

**SOLUTION:** This optical switch is composed of a semiconductor silicon substrate 1 constituting a lower electrode, a movable electrode plate 2 attached and coupled with the substrate 1 through a flexure part and an anchor part 22, a micro-mirror 4 erected on the upper surface of the plate 2, an upper electrode 3 positioned on the upside of the plate 2 and attached and coupled with the substrate 1, and a driving power supply's 5 connected to the electrode 3 and the substrate 1 through a polarity changing switch by setting the plate 2 as reference.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下側電極を構成する半導体シリコン基板、フレクチュア部およびアンカー部を介して半導体シリコン基板に取り付け結合される可動電極板、可動電極板の上面に直立形成されるマイクロミラー、可動電極板の上側に位置して半導体シリコン基板に取り付け結合される上側電極、可動電極板を基準として上側電極および半導体シリコン基板に極性転換スイッチを介して切り替え接続される駆動電源より成ることを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 請求項1に記載される光スイッチにおいて、半導体シリコン基板はn型半導体シリコンより成り、可動電極板および上側電極はポリシリコンより成り、マイクロマシニング技術を適用して構成したものであることを特徴とする光スイッチ。

【請求項3】 請求項1および請求項2の内の何れかに記載される光スイッチにおいて、上側電極はその下面中央部に可動電極板収容凹部が形成されると共にこの中央部を通り相互に交差して上側電極の全幅に亘って延伸する可動電極板収容凹部より深い第1の光通路および第2の光通路が形成される上蓋より成るものであることを特徴とする光スイッチ。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3の内の何れかに記載される光スイッチにおいて、下側電極を構成する半導体シリコン基板の上面に可動電極板が進入する凹陥部を形成したことを特徴とする光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光スイッチに関し、特に、反射或は通過せしめることにより光をオン、オフするミラーを載置取り付けた極めて柔軟な構造の可動板を吸着して外部振動の影響を蒙らない光スイッチに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来例を図10および図11を参照して説明する。1は半導体シリコン基板、2は可動電極板、4はマイクロミラーを示す。半導体シリコン基板1は一例としてn型半導体シリコンより成り、下側電極を構成すると共に可動電極板2が取り付け固定される。この半導体シリコン基板1の中央部には凹陥部11が形成され、その結果、凹陥部11の周縁は先の電極を取り付け固定する電極支持枠12を構成している。

【0003】可動電極板2も、半導体シリコン基板1と同様に、半導体シリコンを材料として形成される。21はフレクチュア部、22はアンカー部である。可動電極板2はフレクチュア部21およびアンカー部22と一体に構成され、これらフレクチュア部21およびアンカー部22をこの順に介して半導体シリコン基板1の電極支

持枠12に取り付け固定されている。

【0004】マイクロミラー4は、可動電極板2の上面に直立して固定されている。マイクロミラー4の反射面は光の進入方向に関して一例として45°に傾斜して形成されている。図11を参照して光スイッチによる光スイッチングを説明する。図11(a)は可動電極板2が吸引駆動されない定常状態を示す図である。この定常状態において、入射光はマイクロミラー4に入射し、これにより紙面に鉛直方向上向きに反射される。図11

(b)は可動電極板2と半導体シリコン基板1との間に電位が印加され、可動電極板2が半導体シリコン基板1に吸引された駆動状態を示す図である。この駆動状態において、可動電極板2上面に形成されるマイクロミラー4は下に変位し、入射光はマイクロミラー4の上側を通過して直進する。以上の通りにして、入射光の進行方向および紙面に鉛直方向上向きの何れの方向についても、光のオン、オフ切り替えをすることができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】以上の光スイッチは、半導体シリコンの如き導電性の基板、この基板の上側に間隙を有して形成された導電性物質よりなる可動電極板、および可動電極板上面に形成されたマイクロミラーより成り、可動電極板と導電性基板との間に電位を印加して静電力により可動電極板を変位させ、光のオン、オフ切り替えをするものである。この場合、可動電極板と導電性基板との間に印加される駆動電圧を低減したいという要請から、可動電極板の支持構造物であるフレクチュア部は極めて柔軟繊細な構造に構成されている。これに起因して、可動電極板が導電性基板に吸着されていない定常状態において、可動電極板は外部振動の影響を強く受けて振動し、光信号のオン、オフ切り替え状態の安定性は損なわれる。そして、極めて柔軟繊細な構造のフレクチュア部は機械的に損傷破壊される恐れがある。

【0006】この発明は、可動電極板の移動範囲の上側および下側の双方に可動電極板を静電力により保持する上側電極および下側電極を形成することにより上述の問題を解消した光スイッチを提供するものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1：下側電極を構成する半導体シリコン基板1、フレクチュア部およびアンカー部22を介して半導体シリコン基板1に取り付け結合される可動電極板2、可動電極板2の上面に直立形成されるマイクロミラー4、可動電極板2の上側に位置して半導体シリコン基板1に取り付け結合される上側電極3、可動電極板2を基準として上側電極3および半導体シリコン基板1に極性転換スイッチを介して接続される駆動電源5より成る光スイッチを構成した。

【0008】そして、請求項2：請求項1に記載される光スイッチにおいて、半導体シリコン基板1はn型半導体シリコンより成り、可動電極板2および上側電極3は

ポリシリコンより成り、マイクロマシニング技術を適用して構成したものである光スイッチを構成した。

また、請求項3：請求項1および請求項2の内の何れかに記載される光スイッチにおいて、上側電極3はその下面中央部に可動電極板収容凹部34が形成されると共にこの中央部を通り相互に交差して上側電極3の全幅に亘って延伸する可動電極板収容凹部34より深い第1の光通路35および第2の光通路36が形成される上蓋より成るものである光スイッチを構成した。

【0009】更に、請求項4：請求項1ないし請求項3の内の何れかに記載される光スイッチにおいて、下側電極を構成する半導体シリコン基板1の上面に可動電極板2が進入する凹陥部11を形成した光スイッチを構成した。

【0010】

【発明の実施の形態】この発明の実施の形態を図1の実施例を参照して説明する。図1(a)は第1の実施例を上から見た図、図1(b)は図1(a)における線E-E'に沿った断面を示す図、図1(c)は図1(a)における線F-F'に沿った断面を示す図である。

【0011】図1において、1は半導体シリコン基板、2は可動電極板、3は上側電極、4はマイクロミラー、5は駆動電源を示す。半導体シリコン基板1はn型半導体シリコンより成り、下側電極を構成すると共に可動電極板2および上側電極3が取り付け固定される。この半導体シリコン基板1の中央部には凹陥部11が形成され、その結果、凹陥部11の周縁は先の電極を取り付け固定する電極支持枠12を構成している。この凹陥部11には可動電極板2が吸引進入する領域である。

【0012】可動電極板2は、ポリシリコンを材料として形成される。21はフレクチュア部、22はアンカー部である。可動電極板2はフレクチュア部21およびアンカー部22と一体に構成され、これらフレクチュア部21およびアンカー部22をこの順に介して半導体シリコン基板1の電極支持枠12に取り付け固定されている。

【0013】上側電極3も、可動電極板2と同様に、ポリシリコンを材料として形成されている。31は上側電極アンカー部、32は立ち上がり部、33は上側電極3の中央部に形成される貫通孔を示す。上側電極3は立ち上がり部32および上側電極アンカー部31と一体に構成され、これら立ち上がり部32および上側電極アンカー部31をこの順に介して半導体シリコン基板1の電極支持枠12に取り付け固定されている。

【0014】マイクロミラー4は、可動電極板2の上面に直立して固定されている。マイクロミラー4の反射面は光の進入方向に関して一例として45°傾斜して形成されている。駆動電源5は、図示されない極性転換スイッチを介して、可動電極板2を基準として上側電極3或いは下側電極を構成する半導体シリコン基板1に切り替

え接続して光スイッチのオン、オフ切り替えを行う。

【0015】以下、図2および図3を参照して図1に示される第1の実施例の製造工程を説明する。

(工程1) n型半導体シリコンより成る半導体シリコン基板1の表面に、ポリシリコン膜a<sub>1</sub>を成膜し、パターンニングする。このポリシリコン膜a<sub>1</sub>の形状は工程8における半導体シリコン基板1のエッチング領域に対応している。

【0016】(工程2) 全表面にSiO<sub>2</sub>膜b<sub>1</sub>を成膜する。そして、SiO<sub>2</sub>膜b<sub>1</sub>の内の可動電極板2のアンカー部22が形成されるべき領域に対応するところのみを除去して半導体シリコン基板1表面を露出する。

(工程3) 工程3は可動電極板2形成工程である。露出領域を含めて全表面にポリシリコン膜a<sub>2</sub>を成膜し、ボロンを拡散する。なお、このボロンの拡散により半導体シリコン基板1の表面にもボロンが拡散し、この基板1の表面にpnジャンクションが形成される。このポリシリコン膜a<sub>2</sub>は露出領域に接触した状態で成膜される。ここで、ポリシリコン膜a<sub>2</sub>にフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を適用してアンカー部22、フレクチュア部21、および可動電極板2の形状にパターンニングする。

【0017】(工程4) 工程4および次の工程5は上側電極3形成工程である。全表面にSiO<sub>2</sub>膜を成膜する。このSiO<sub>2</sub>膜の内の上側電極アンカー部31が形成されるべき領域に対応するところのみを除去して半導体シリコン基板1表面を露出する。

(工程5) ポリシリコン膜a<sub>3</sub>を成膜し、ボロンを拡散する。このポリシリコン膜a<sub>3</sub>にフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を適用して上側電極3の形状にパターンニングする。

【0018】(工程6) 全表面にSiO<sub>2</sub>膜を成膜する。そして、このSiO<sub>2</sub>膜b<sub>3</sub>を含めてマイクロミラー4およびエッチングホールが形成されるべきところに対応する領域を除去する。即ち、マイクロミラー4が形成されるべきところは可動電極板2が形成されるポリシリコン膜a<sub>2</sub>の表面に到達している。エッチングホールが形成されるべきところは半導体シリコン基板1のエッチング領域に対応するポリシリコン膜a<sub>1</sub>の表面に到達している。

【0019】(工程7) 全表面にレジストc<sub>1</sub>を厚塗りする。ここで、露光、現像してミラー4が成長される領域を形成する。次いで、電解メッキによりマイクロミラー4が形成されるべきところにAu、Niその他の金属d<sub>1</sub>を成長させマイクロミラー4を形成する。

(工程8) レジストc<sub>1</sub>を除去する。次いで、KOH溶液をエッチングホールを介して注入し、半導体シリコン基板1およびその表面に形成されるポリシリコン膜a<sub>1</sub>をエッチング除去する。

【0020】(工程9) 残存しているSiO<sub>2</sub>膜bを

H F 溶液により除去する。次に、図4を参照して第2の実施例を説明する。図4(a)は第2の実施例を上から見た図、図4(b)は図4(a)における線A-A'に沿った断面を示す図、図4(c)は図4(a)における線B-B'に沿った断面を示す図である。第2の実施例において、第1の実施例と共通する部材には共通する参照符号を付与している。この第2の実施例は第1の実施例における上側電極アンカー部31および立ち上がり部32の形状構造を簡略化したものであり、その他の点についてはほぼ共通している。

【0021】半導体シリコン基板1はn型半導体シリコンより成り、下側電極を構成すると共に可動電極板2および上側電極3が取り付け固定される。この半導体シリコン基板1の中央部には凹陥部11が形成され、その結果、凹陥部11の周縁は先の電極を取り付け固定する電極支持枠12を構成している。可動電極板2は、ポリシリコンを材料として形成される。21はフレクチュア部、22はアンカー部である。可動電極板2はフレクチュア部21およびアンカー部22と一体に構成され、これらフレクチュア部21およびアンカー部22をこの順に介して半導体シリコン基板1の電極支持枠12に取り付け固定されている。

【0022】上側電極3も、可動電極板2と同様に、ポリシリコンを材料として形成されている。31は上側電極アンカー部、32は立ち上がり部、33は上側電極3の中央部に形成される貫通孔を示す。上側電極3は立ち上がり部32および上側電極アンカー部31と一体に構成され、これら立ち上がり部32および上側電極アンカー部31をこの順に介して半導体シリコン基板1の電極支持枠12に取り付け固定されている。

【0023】マイクロミラー4は、可動電極板2の上面に直立して固定されている。マイクロミラー4の反射面は光の進入方向に関して一例として45°傾斜して形成されている。図5を参照して以上の光スイッチによる光スイッチングについて説明する。図5(a)は可動電極板2の極性を正とし、上側電極3の極性を負として駆動電源5を接続した場合を示す。この場合、可動電極板2は上側電極3に吸引され、光は上に変位したマイクロミラー4に入射し、これにより紙面に鉛直方向上向きに反射される。

【0024】図5(b)は可動電極板2に対して半導体シリコン基板1の極性を正として駆動電源5を接続した場合を示す。この場合、可動電極板2は半導体シリコン基板1に駆動吸引され、可動電極板2上面に形成されるマイクロミラー4は下に変位し、入射光はマイクロミラー4の上側を通過して直進する。以上の通りにして、入射光の進行方向および紙面に鉛直方向上向きの何れの方

向についても、光のオン、オフ切り替えをすることができる。

【0025】以上の通り、マイクロミラー4により光を

反射させる場合、および光をマイクロミラー4の上側を通過させる場合の何れの場合においても、可動電極板2は上側電極3或いは下側電極を構成する半導体シリコン基板1に吸着保持されているので、可動電極板2が外部振動の影響は受けない。図6および図7を参照して第3の実施例を説明する。図6(a)は第3の実施例を上から透視した図、図6(b)は図6(a)における線G-G'に沿った断面を示す図、図6(c)は図6(a)における線H-H'に沿った断面を示す図である。図7は上側電極を下から見た斜視図である。第3の実施例において、先の実施例と共通する部材には共通する参照符号を付与している。

【0026】光スイッチの第3の実施例は、上側電極3は可動電極板2に上下方向の変位を許容する可動電極板収容凹部34が下面中央部に形成される上蓋より成る。そして、上蓋より成る上側電極3の下面には、更に、その中心部を通り相互に交差して上側電極3の全幅に亘って延伸する可動電極板収容凹部34より深い第1の光通路35および第2の光通路36が形成されている。ここで、上蓋より成る上側電極3と半導体シリコン基板1を相互接合して、半導体シリコン基板1の上面中央部に形成される凹陥部11と上側電極3の下面に形成される可動電極板収容凹部34により形成される空間に可動電極板2とその表面に固定したマイクロミラー4が収容される。

【0027】以下、図8および図9を参照して図6および図7に示される第3の実施例の製造工程を説明する。図7に示される上側電極3は半導体シリコン基板にエッチング加工処理を施して予め製造しておく。

(工程1) n型半導体シリコン基板1の表面に、ポリシリコン膜a<sub>1</sub>を成膜し、パターニングする。このポリシリコン膜a<sub>1</sub>の形状は工程8における半導体シリコン基板1のエッチング領域に対応している。

【0028】(工程2) 全表面にSiO<sub>2</sub>膜b<sub>1</sub>を成膜する。そして、このSiO<sub>2</sub>膜b<sub>1</sub>の内の可動電極板2のアンカー部22が形成されるべき領域に対応するところのみを除去して半導体シリコン基板1表面を露出する。

(工程3) 工程3は可動電極板2形成工程である。露出領域を含めて全表面にポリシリコン膜a<sub>2</sub>を成膜し、ボロンを拡散する。このポリシリコン膜a<sub>2</sub>は露出領域に接触した状態で成膜される。ここで、ポリシリコン膜a<sub>2</sub>にフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を適用してアンカー部22、フレクチュア部21、および可動電極板2の形状にパターニングする。

【0029】(工程4) 全表面にSiO<sub>2</sub>膜を成膜する。そして、このSiO<sub>2</sub>膜b<sub>3</sub>の内のマイクロミラー4が形成されるべきところに対応する領域を除去する。このSiO<sub>2</sub>膜b<sub>3</sub>を含めてエッチングホールが形成されるべきところに対応する領域をも除去する。即ち、マ

イクロミラー4が形成されるべきところは可動電極板2が形成されるポリシリコン膜 $a_2$ の表面に到達している。エッチングホールが形成されるべきところは半導体シリコン基板1のエッチング領域に対応するポリシリコン膜 $a_1$ の表面に到達している。

【0030】(工程5) 全表面にレジスト $c_1$ を厚塗りする。ここで、露光、現像してミラー4が成長される領域を形成する。次いで、電解メッキによりマイクロミラー4が形成されるべきところにAu、Niその他の金属 $d_1$ を成長させマイクロミラー4を形成する。

(工程6) レジスト $c_1$ を除去する。次いで、KOH溶液をエッチングホールを介して注入し、半導体シリコン基板1およびその表面に形成されるポリシリコン膜 $a_1$ をエッチング除去する。

【0031】(工程7) 残存している $SiO_2$ 膜 $b$ をHF溶液により除去する。以上の通りにして構成された上側電極3と半導体シリコン基板1の端面同士を相互接合して光スイッチの第3の実施例の製造は終了する。ところで、可動電極板2のアンカー部22および上側電極3のアンカー部31におけるn型半導体シリコン基板1との間の絶縁に関しては、ボロン拡散によりn型半導体シリコン基板1の表面近傍に生じたpnジャンクションを利用し、逆バイアス電圧の印加により絶縁をとることができる。

【0032】また、可動電極板2が電圧の印加により下側電極を構成する半導体シリコン基板1或いは上側電極3に接触した場合の絶縁に関しては、格別の絶縁処理を施さなくても接触抵抗は大きく、接触面における電気伝導は実用上差し支えない程に小さい。そして、可動電極板と上および下側電極に印加する電圧は2mm平方の半導体シリコン基板1を有する製品の場合で5V程度であり、この程度の比較的に低い電圧により良好に吸着動作をする。

#### 【0033】

【発明の効果】以上の通りであって、この発明の光スイッチは、可動電極板は上側電極或いは下側電極の何れか一方に常に吸着固定されているので、外部振動の影響を殆ど受けず、光スイッチとしての動作信頼性を格段に向上することができる。そして、半導体シリコン基板をn型半導体シリコンにより形成し、可動電極板および上側電極をポリシリコンにより形成することにより、マイクロマニピュレーション技術の適用を容易にして光スイッチを構成することができる。そして、電極板間の絶縁には空乏層および接触抵抗を利用することにより単純な構成の光スイッチとすることができ、その分だけ光スイッチの製造

コストの低下に貢献している。

【0034】また、上側電極はその下面中央部に可動電極板収容凹部が形成されると共にこの中央部を通り相互に交差して上側電極の全幅に亘って延伸する可動電極板収容凹部より深い第1の光通路および第2の光通路が形成される上蓋より成るものとするにより、光スイッチの内の駆動される部材である可動電極板とその表面に固定したマイクロミラーが半導体シリコン基板の上面中央部に形成される凹陥部と上側電極の下面に形成される可動電極板収容凹部により形成される空間に収容されるので、これらの繊細脆弱な部材が保護されて損傷の恐れを小さくしている。そして、上側電極を半導体シリコン基板にエッチング加工処理を施して予め別に製造しておくことにより、半導体シリコン基板および可動電極板を含む上側電極以外の下側の製造工程が極端に簡略化される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例を説明する図。

【図2】図1の実施例の製造工程を説明する図。

【図3】図2の続き。

【図4】他の実施例を説明する図。

【図5】光スイッチの切り替えを説明する図。

【図6】更なる他の実施例を説明する図。

【図7】更なる他の実施例の一部の斜視図。

【図8】図7の実施例の製造工程を説明する図。

【図9】図8の続き。

【図10】従来例を説明する図。

【図11】従来例の動作を説明する図。

#### 【符号の説明】

- 30 1 半導体シリコン基板
- 11 凹陥部
- 12 電極支持枠
- 2 可動電極板
- 21 フレクチュア部
- 35 22 アンカー部
- 3 上側電極
- 31 上側電極アンカー部
- 32 立ち上がり部
- 33 貫通孔
- 40 34 可動電極板収容凹部
- 35 第1の光通路
- 36 第2の光通路
- 4 マイクロミラー
- 5 駆動電源

【図1】

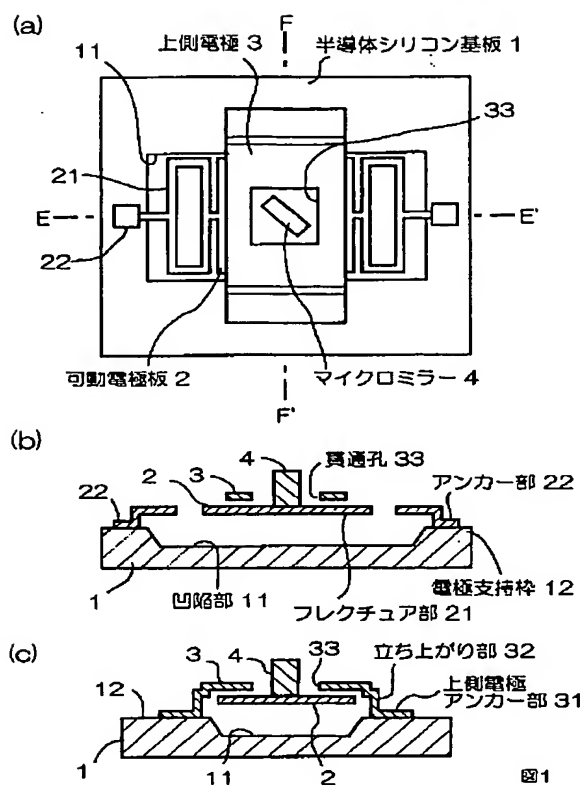


図1

【図4】

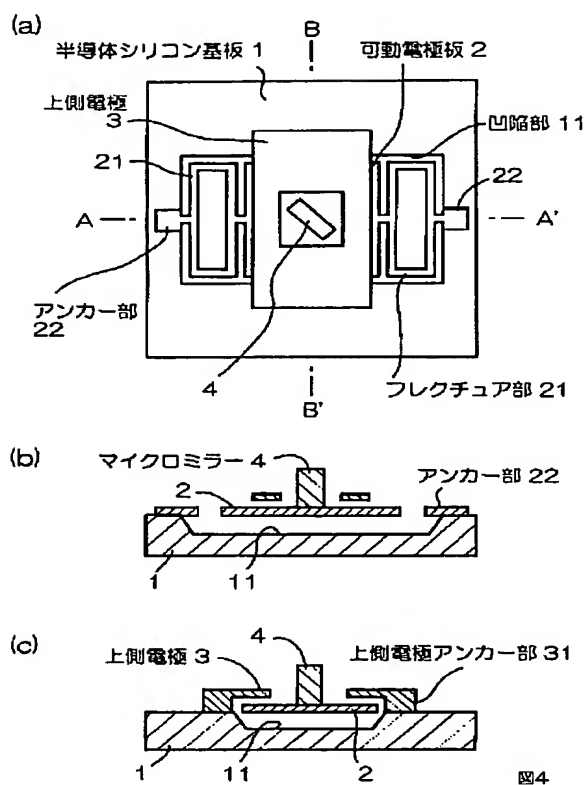


図4

【図2】

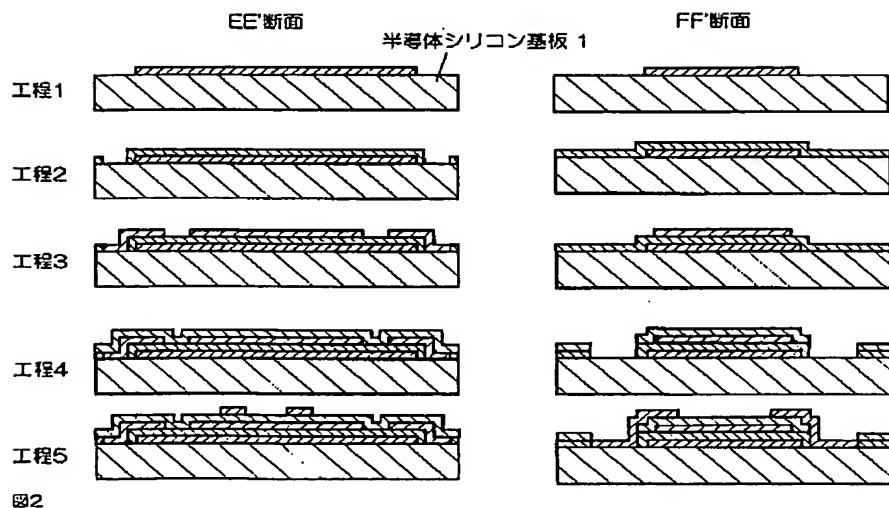
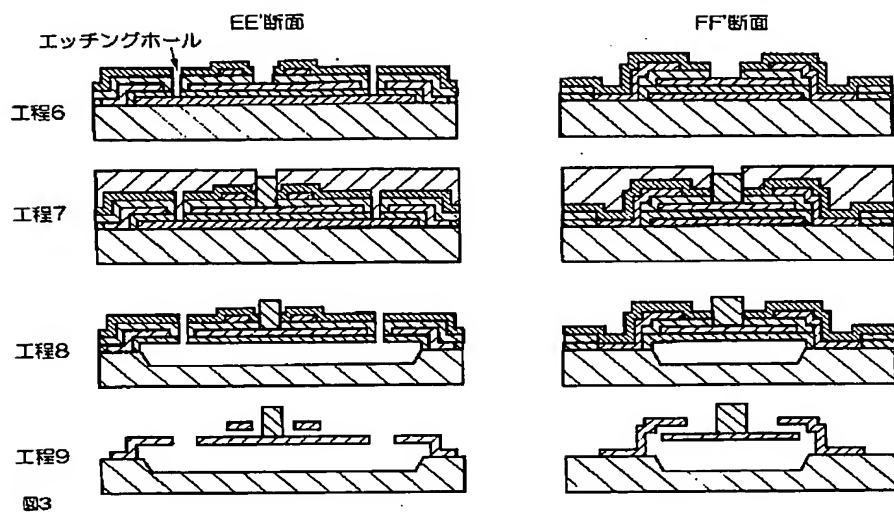


図2

【図3】



【図5】

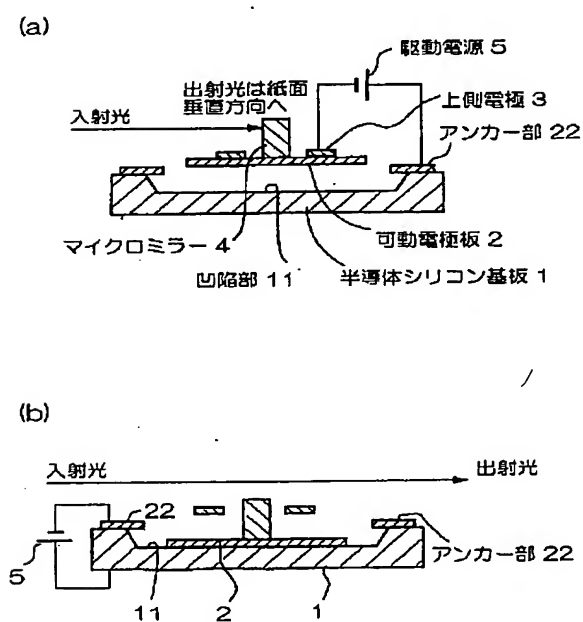


図5

【図6】

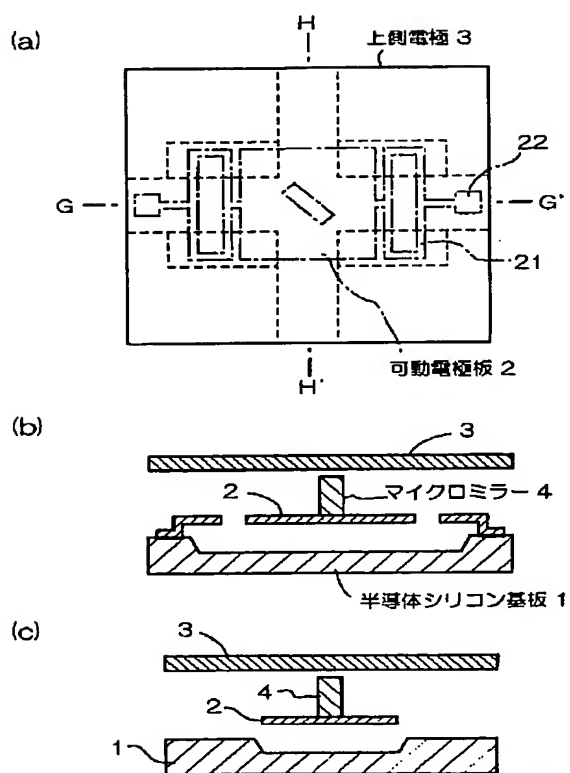


図6



【図7】

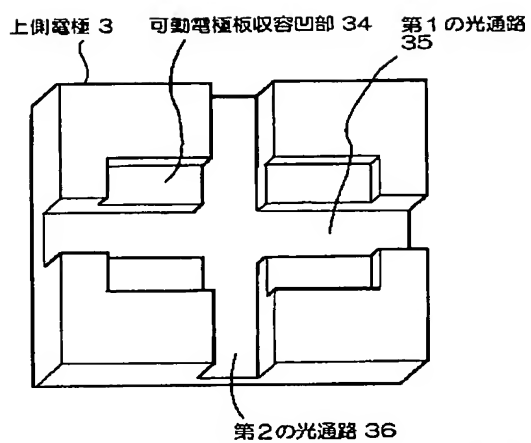


図7

【図8】

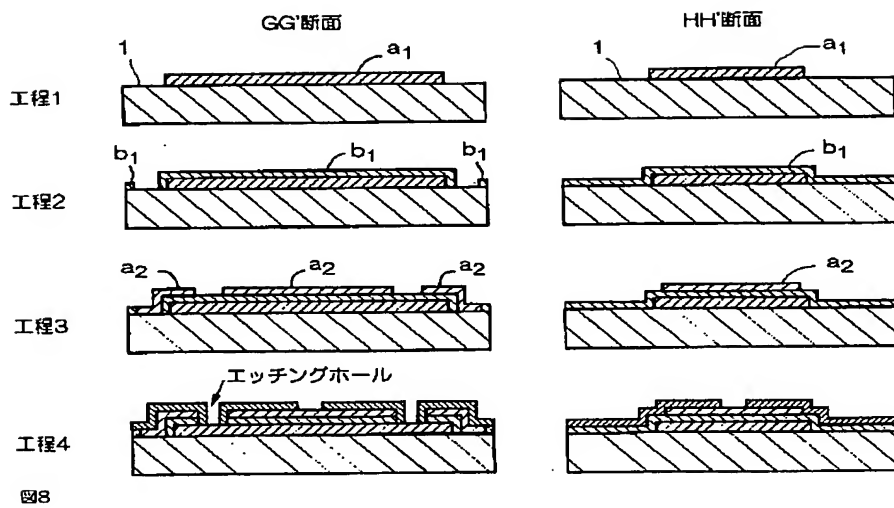
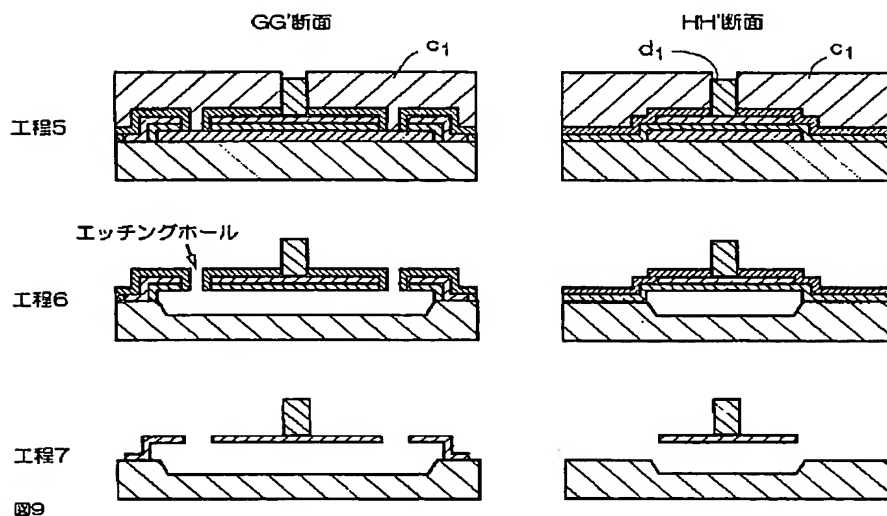
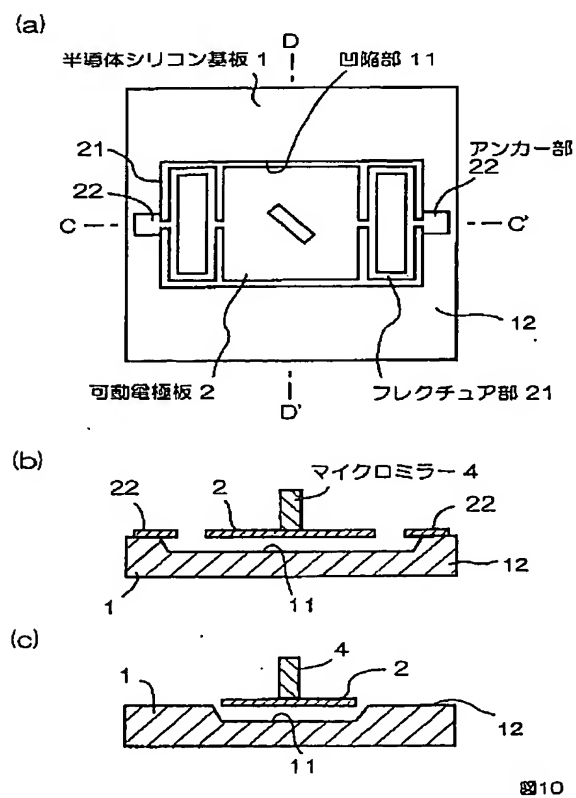


図8

【図9】



【図10】



【図11】

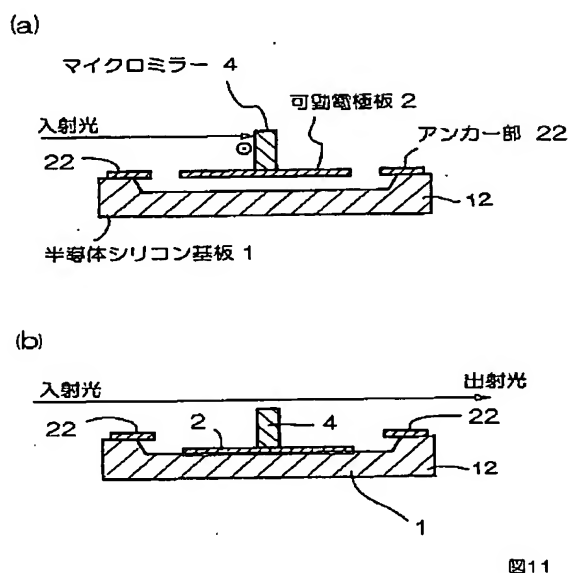


図11